

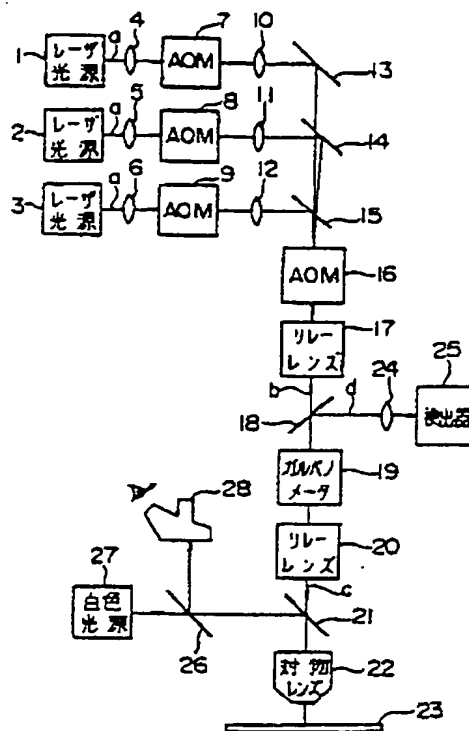
PUBLICATION NUMBER : 01282515
PUBLICATION DATE : 14-11-89
APPLICATION DATE : 10-05-88
APPLICATION NUMBER : 63112721

APPLICANT : TOKYO ELECTRON LTD;

INVENTOR : ASAKAWA TERUO;

INT.CL. : G02B 21/00 G02B 21/06 G02B 26/10

TITLE : BEAM SCANNING TYPE OPTICAL MICROSCOPE



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain an inexpensive, easy-to-adjust optical system for the beam scanning type optical microscope by providing an optical system which selects light beams from light sources of plural colors selectively.

CONSTITUTION: This optical microscope uses the laser light sources 1, 2, and 3 of three colors as beam light sources. Light beams (a) from the light sources 1, 2, and 3 are converged by condenser lenses 4, 5, and 6 on the centers of modulation of optical modulating elements, e.g. AOMs (Acoustic Optic Modulator) 7, 8, and 9. Then a high-frequency electric signal is sent from a control circuit to the three AOMs 7, 8, and 9 to switch the light beams (a) of the three colors in order with time (select one color) according to the high-frequency electric signal. Consequently, expensive polarizing elements are reduced greatly and the detection optical system is simplified.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-282515

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)11月14日

G 02 B 21/00
21/06
26/10

8708-2H
8708-2H
B-7348-2H 審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 ビーム走査型光学顕微鏡

⑯ 特 願 昭63-112721

⑰ 出 願 昭63(1988)5月10日

⑱ 発 明 者 浅 川 輝 雄 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号 東京エレクトロン株式会社内

⑲ 出 願 人 東京エレクトロン株式会社 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
会社内

⑳ 代 理 人 弁理士 須山 佐一

明 細 書

1. 発明の名称

ビーム走査型光学顕微鏡

2. 特許請求の範囲

光ビームにより試料を走査照射し、前記光ビームの試料からの反射光の強度分布に基づいて前記試料の光学像を得るビーム走査型光学顕微鏡において、

複数色の光ビームを出力するビーム出力機構と、
前記ビーム出力機構からの複数のビーム光に夫々対応して設けられ、該ビーム光の強度を各色毎に制御する輝度変調素子と、

前記各輝度変調素子により輝度変調されたビーム光を同一光軸に対し夫々所定の角度で重ね合わせるビーム合成光学系と、

前記ビーム合成光学系により合成されたビーム光を前記試料面に対し2次元的に走査するビーム偏向機構と、

前記ビーム偏向機構から出力されたビーム光を試料表面に集束させる集束光学系と、

前記試料からのビーム反射光を取出し該反射光の光強度を検出する反射光検出機構と、

前記各輝度変調素子の駆動を所定の周期で時分割制御するとともに、前記所定の周期に基づいて前記ビーム偏向機構の駆動を制御して所望のビーム走査を行う制御部と、

前記ビーム走査周期と同期して前記反射光検出機構からの出力を読取り多色画像を得る画像処理機構とを有することを特徴とするビーム走査型光学顕微鏡。

3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

本発明はビーム走査型光学顕微鏡に係り、特に走査型カラー光学顕微鏡に適した安価な走査機構を有するビーム走査型光学顕微鏡に関する。

(従来の技術)

従来より、光学顕微鏡の性能をより向上させる手段として、共焦点光学系を用い、細く絞った光ビームで試料を走査し、ビーム反射光の強度分

布からその光学像を得る走査型光学顕微鏡が知られている。このように共焦点光学系を使用することで、分解能が良くコントラストの高い映像を得ることができる。

このビーム走査型光学顕微鏡では、その光源として、細い光ビームを得易いことから一般にレーザ光が使用されており、また、多色（一般には赤緑青の3色）の光ビームを用いることによってカラーの像を得ることが可能である。

一方、リアルタイムで像を得るためには、一般にテレビジョンで用いられているフレーム数程度の走査速度が求められる。

この光ビームを走査する方法としては、ガルバノメータ（振動ミラー）または、ポリゴン・ミラー（多角形回転ミラー）等を用いて走査する方法が知られているが、ガルバノメータは安価であるものの、一般に走査速度を高くすることが難しく垂直走査に用いることは可能であっても、水平走査に使用することは困難であった。

またポリゴン・ミラーはガルバノメータよりも

しかしながら、水平走査用の偏向素子例えばAODは非常に高価であり、上述したように従来のビーム走査型光学顕微鏡では、この高価な偏向器を複数色例えば3色の光ビーム毎に用いる必要があることから、装置全体の価格が非常に高価なものになるという問題があった。さらに、試料からの反射光の検出器もまたビームの色数例えば3色分必要であるため、益々価格上昇を招くという問題があった。また、このように複数系列の光学系を備えるということは、装置構成の複雑化、光学系の調整作業の複雑化を招くという欠点もあった。

本発明は上述した問題を解決するためになされたもので、高価な光学偏向素子を極力少なくするとともに検出光学系の簡素化が可能な構成とし、装置構成の簡素化により装置全体のコスト低減、装置調整作業の簡略化が可能なビーム走査型光学顕微鏡を提供することを目的とする。

〔発明の構成〕

（課題を解決するための手段）

高速な走査能力を持ち、水平走査にも対応可能であるが、形状が大きく、比較的高価な上、高倍率使用時に回転ミラーの振動が画面を劣化させるという問題があった。

そこで、垂直走査にはガルバノメータを用い、水平走査には極めて高価であるが、高速走査が可能でかつ機械的可動部のない音響光学偏光素子（以下、AOD: Acoust Optic Device）を使用する構成としたものが一般的である。

ところで、AODはその走査角度（偏向角度）が使用する光の波長に依存するため、従来のビーム走査型光学顕微鏡では、カラー映像を得る場合には、3色の光ビームを夫々別々のAODにより偏向し、偏向した後に上記各光ビームを同一光軸上に重ね合わせてから、垂直走査用のガルバノメータに入射させる方法を用いている。

従って、試料からの反射光の検出器も、3色の光ビームの反射光に対応して夫々1つずつ備えられていた。

（発明が解決しようとする課題）

本発明のビーム走査型光学顕微鏡は、光ビームにより試料を走査照射し、前記光ビームの試料からの反射光の強度分布に基づいて前記試料の光学像を得るビーム走査型光学顕微鏡において、複数色の光ビームを出力するビーム出力機構と、前記ビーム出力機構からの複数のビーム光に夫々対応して設けられ、該ビーム光の強度を各色毎に制御する輝度変調素子と、前記各輝度変調素子により輝度変調されたビーム光を同一光軸に対し夫々所定の角度で重ね合わせるビーム合成光学系と、前記ビーム合成光学系により合成されたビーム光を前記試料面に対し2次元的に走査するビーム偏向機構と、前記ビーム偏向機構から出力されたビーム光を試料表面に集束させる集束光学系と、前記試料からのビーム反射光を取出し該反射光の光強度を検出する反射光検出機構と、前記各輝度変調素子の駆動を所定の周期で時分割制御するとともに、前記所定の周期に基づいて前記ビーム偏向機構の駆動を制御して所望のビーム走査を行う制御部と、前記ビーム走査周期と同期して前記反射

光検出機構からの出力を読取り多色画像を得る画像処理機構とを有することを特徴とするものである。

ビーム偏向機構としては、光偏向素子例えばAODを、少なくとも高速走査側のビーム偏向系に用いるのが好適である。

(作用)

本発明では、複数色の光源からの光ビームを高速に択一する光学系を備えることにより、垂直および水平走査光学系を1組とし、さらには、試料からの反射光検出器をも前記光ビームを択一する光学系と同期して時分割使用することにより、安価で調整の容易なビーム走査型光学顕微鏡用の光学系が得られる。

(実施例)

以下、本発明を走査型カラー光学顕微鏡の光学系に適用した実施例について図を参照して説明する。

本実施例ではビーム光源として3色のレーザ光源1、2、3を用い、これら3色の光源には、例

される。

この制御は、基本的には複数色のうちの1色を選ぶためのスイッチ動作であるが、さらにAOMの高周波信号の強度を変えることによりその回折効率を変化させることができる性質を利用することで、各色光源の強度差の補正(時間変化も含む)や、AODの偏向角による透過率の違いの補正、さらに試料の反射率に対応した照度調整等を行わせることが可能となる。

こうしてAOM7、8、9を異なるタイミングで通過した3色夫々の色のビーム光は、夫々レンズ系10、11、12で所定の照射角の平行光例えば後述する光偏向素子例えばAODの入射ひとみに合わせた大きさの平行光に整形されて、ミラー13、14、15により、各色の光ビーム波長によって定まる所望の角度にてAOD16に入射される。上記各ミラー13、14、15は、夫々光源1、2、3からのビーム光のみを反射して、他の波長の光は透過する波長選択性を有するダイクロイックミラーである。

例えば夫々の色毎に対応した単色のレーザ光源例えば、赤はHe-Neレーザ(波長633nm)、緑はArレーザ(波長515nm)、青はHe-Cdレーザ(波長441.6nm)を各々用いてもよいし、何本かの発振スペクトルを有するレーザ光を分光して得る場合には、例えば、赤はHe-Neレーザ(波長633nm)から得、緑と青はArレーザ(波長515nmと488nm)を分光して得てもよい。また、光3源色の同時発振が可能なRGBレーザを用いてもよい。

各々の光源1、2、3から出力されたビーム光aは、夫々集光レンズ4、5、6により、光学変調素子例えばAOM(AOM: Acoust Optic Modulator)7、8、9の変調中心に焦点を結ぶように集束される。これは、AOMの性質上、光ビーム径が小さい程、高速に輝度変調することができることによる。

この3個のAOM7、8、9には、図示を省略した制御回路から、高周波電気信号が送られ、この高周波電気信号に基づいて3色のビーム光aを時間的に順次切換える(1色を選ぶ)ように制御

AOD16には、図示を省略した制御回路から、光ビームの偏向用の高周波電気信号が与えられており、この高周波電気信号を変化させることにより、入射したビーム光を所定の方向へ偏向させることができる。

ところで、AOD16は、その偏向角度が入射光に対して波長依存性を有するため、ビーム光の波長に対応して入射角度を決定するとともに、偏向用の高周波電気信号の周波数も変える必要がある。即ち、同じ角度の走査を行うためには、例えば赤では58.3MHzから94.7MHz、緑では75.5MHzから120.5MHz、青では82.7MHzから132.3MHzというように印加周波数を変えて走査するよう制御する。このときの各色による周波数域の切換えは、上記AOM7、8、9による3色のビーム光の切換えタイミングと同期して行われる。例えば、AOM7、8、9で赤のビーム光が選択された場合には、該ビーム波長に対応した高周波電気信号例えば58.3MHzから94.7MHzの周波数域で走査が行われる。

こうしてAOD16で一次元走査例えば水平方向走査された光ビームbは、その偏向中心位置、即ちAOD16の偏向中心位置を垂直方向走査系の偏向中心位置にリレーするためのリレーレンズ17を通り、ハーフミラー18を通過して垂直方向走査系例えばガルバノメータ19の偏向中心に入射される。

ガルバノメータ19では、入射したビーム光bをさらにAOD16による走査方向と直交方向例えば垂直方向に走査して2次元的に走査されたビーム光とする。

ところで、ガルバノメータ19は機械的な走査を行う構造であることから、高速な走査には適さず、本実施例では、通常のテレビジョンの走査で言う垂直走査を行わせ、水平方向走査をAOD16により行わせた。即ち、図示を省略した制御回路により、AOD16による所望の水平走査回数に間に1回の垂直走査を行う如くガルバノメータ19が回転させられる。

こうして、2次元走査されたビーム光cは、そ

の偏向中心位置、即ちガルバノメータ19の偏向中心位置を対物レンズ22の入射ひとみ位置にリレーするための第2のリレーレンズ20を通り、ハーフミラー21を通過して対物レンズ22の入射ひとみに角度情報を持った平行光の状態に入射し、該対物レンズ22によって試料23上に2次元に走査照射される絞られた光点として結像される。

そして、試料23からのビーム反射光dは、ビーム光の光路の可逆性から、対物レンズ22、ハーフミラー21、第2のリレーレンズ20、ガルバノメータ19を通過した後、ハーフミラー18でその一部が反射されて、結像レンズ24を経て、検出器25に結像する。

ここで、ビーム光がガルバノメータ19を往路復路とも通過する構成としているため、垂直走査はキャンセルされ、検出器25上に結像する光点の軌跡は、水平方向走査成分のみの軌跡となる。

検出器25は、例えばフォト・ダイオードのような像(例えばスポット)の位置に不感な単眼の

検出器であっても、CCDラインセンサのような走査方向に対して受光部を列設したものでも良い。

単眼の検出器の場合は、一回の水平走査の間に所定のタイミングで所望の回数だけ(水平ピクセル数だけ)検出器の出力をサンプリングし、CCDラインセンサ等の場合には、一回の水平走査が終るたびにセンサの持っている水平ピクセル数に等しい情報を引出すように制御する。

以上を色を変えながら行った2次元走査により得られた映像を重ね合わせることにより、カラーの像が得られる。

ところで、色を切替えるタイミング即ち、AOM7、8、9によるビーム切替えタイミングとしては種々考えられるが、垂直走査用のガルバノメータ19の応答が遅いことから単色の2次元像を3面撮像して1枚のカラー像とすると、フレーム速度が速くとれないことと、AOD16がAOM7、8、9ほど速い応答ができないことから、各ピクセルごとに3色のデータをとると色切替えに要する時間が無視できなくなることとにより、第

2図に示したように一回の水平走査ごとに色を変えることが効率が良い。即ち、1回の垂直走査の間に3色を順次切替えながら所望の本数の水平走査を行えば良い。

一方、補助的観察手段として、本実施例では、白色光源27、ハーフミラー21、26、三眼鏡筒28からなる補助観察機構を具備している。

白色光源27から出力された光は、ハーフミラー26を通過して試料23の表面に照射される。試料23で反射した光は、ハーフミラー21、26の順に反射されて三眼鏡筒28に至る。ここで、レーザ光と白色光とを同時に試料に照射することから、本来のレーザ光による測定系と補助観察系とは択一的に使用する。

ここで、上述実施例に用いたAODの動作特性の一例について以下第3図を参照して説明する。

AOD16には各色(波長)によって最適な入射角があり、一方、各色によって走査(偏向)に必要な高周波電気信号(超音波信号)の帯域が異

なり、また走査範囲が制限される。

第3図は、3色(R、G、B)の出力走査範囲をなるべく重ねるように使用する場合のパラメータ例を示している。

① 入射角

② 走査用超音波の f (周波数)

を各色で変えることになる。特に周波数 f を変える必要性から、RGBを同時に走査できないことになり、AODによる3色時分割の必要性がでくる。

例えば、AODの所定の偏向面Sに対する各R、G、Bレーザの入射角度 θ_R 、 θ_G 、 θ_B の関係が、Gレーザを中心として、RレーザがGレーザに対してAOD側に約 0.2° 、そしてBレーザがGレーザに対してRレーザの反対側に約 0.1° の入射角度であるとすれば、各R、G、Bレーザに対してAODを夫々

R (50~100MHz)、

G (75.5~120.5MHz)、

B (76~136MHz)

即ち、第1のAOD16により水平方向に偏向されたビーム光bをリレーレンズ17により第2のAOD31に伝送し、該AOD31により垂直方向に走査して2次元的に走査されたビーム光cを得る構成とした。

このような構成にすると、AOD31が効率を加味すると光路の可逆性を有しないことから、試料23からの反射光dを第2のAOD31を逆に透過させて検出することが困難となり、従ってハーフミラー18をハーフミラー21と、リレーレンズ20との間に配設して、該ハーフミラー18の反射光軸上に結像レンズ24、検出器32からなる検出系を設ける。

このとき、検出器32上に結像する反射光の光点の軌跡は、2次元的な軌跡となるため、前述第1の実施例のようなCCDライン・センサ(一次元CCD素子)を用いることはできない。このため、検出器には単眼のフォト・ダイオードまたは、2次元のCCDセンサ等を用いる。

その他、動作は第1図の実施例と同様であるが、

の高周波で動作させれば、各色の偏向角は夫々、

θ_R (例えば $(2.8 \sim 5.5^\circ)$)、

θ_G (例えば $(3.3 \sim 5.3^\circ)$)、

θ_B (例えば $(3.0 \sim 5.8^\circ)$)

となり、これら各色の偏向幅の共通部分を取り出して走査ビームとすればよい。

本実施例では、上述説明の通り、光源からの各色のレーザ光をAOM7、8、9により所定の周期で選択するとともに、該周期に同期したタイミングでAODへの高周波電気信号の印加を変化させる方式により3色時分割制御を行っている。

ところで、本発明の構成は、上述した実施例に限定されるものではなく、例えば水平・垂直方向の走査を共にAODにより行う構成としてもよい。

以下、このような実施例について第4図を参照して説明する。尚、第1図と同一部分には同一符号を付して重複する部分の説明を省略する。

第1図に示した第1の実施例と異なる点は、逆い方の走査即ち本例における垂直走査にもAOD29を使用している点である。

本実施例の場合は、水平・垂直走査ともにAOD16、31により行っているため、単に左右走査を光路上の上から下に向かって順次行っただけでなく、AOD16、31の制御回路の組み方次第で、縦・横もしくは上下逆の走査、部分走査(画面の一部分のみの走査)、斜め走査、飛越し走査等、種々の走査方法に容易に対応できる。

なお、本実施例においても、第5図に示すように、RGB3色の光は、まず第1のAOD16に対して前述第3図で示した角度で入射しなければならない。また、同時に、第1のAOD16によって走査されたビーム光bが直交方向の走査をする第2のAOD31に対して前述した角度で入射するように、第1のAOD31に入射させるときに双方のAOD16、31に対する角度を立体的につけておく必要がある。

さいわい、AODは走査方向(面)と直交する方向の角度(仮想的反射面上に投影した角度)に対して数度程度であればほとんど不感であるため、第1のAOD16に入射する際、予め直交方向の

第2のAOD31に対する所定の角度をつけておくことが可能である。

またこの場合、第2のAOD31の入射ひとみでけられ等が発生しないよう設計できれば2つのAOD16、31間のリレーレンズ17を省略することもできる。

このように、水平・垂直両方向をAOD16、31で行うことにより、ビームの高速走査照射が可能となり、また種々の走査方法に容易に対応することができる。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明のビーム走査型光学顕微鏡によれば、高価な光学偏向素子を極力少なくするとともに検出光学系の簡素化が可能となり、装置構成の簡素化により装置全体のコスト低減、装置調整作業の簡略化が可能となる。

4. 図面の簡単な説明

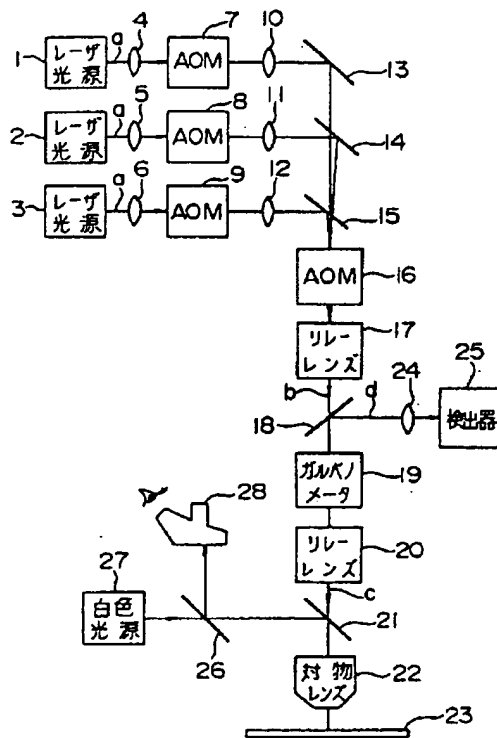
第1図は本発明による実施例のビーム走査型光学顕微鏡の構成を示す図、第2図はビーム走査の手順を説明するための図、第3図は実施例に用い

るAODの動作の一例を説明するための図、第4図は本発明の他の実施例の構成を示す図、第5図はAODを2次元に組み合わせた場合の動作の一例を説明するための図である。

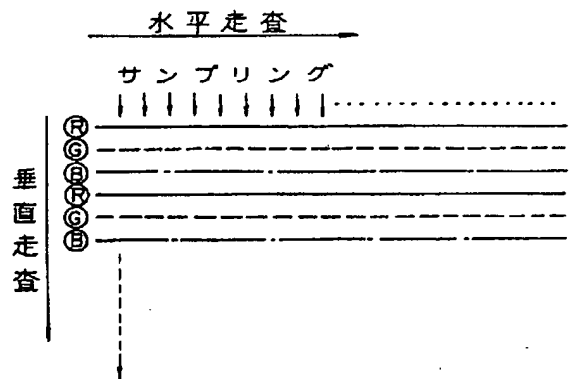
1、2、3……レーザ光源、7、8、9……光変調素子(AOM)、16……光偏向素子(AOD)、17……リレーレンズ、19……ガルバノメータ、20……第2のリレーレンズ、22……対物レンズ、23……試料、24……結像レンズ、25……検出器、27……白色光源、28……3眼鏡筒、31……第2の光偏向素子(AOD)、32……検出器。

出願人 東京エレクトロン株式会社

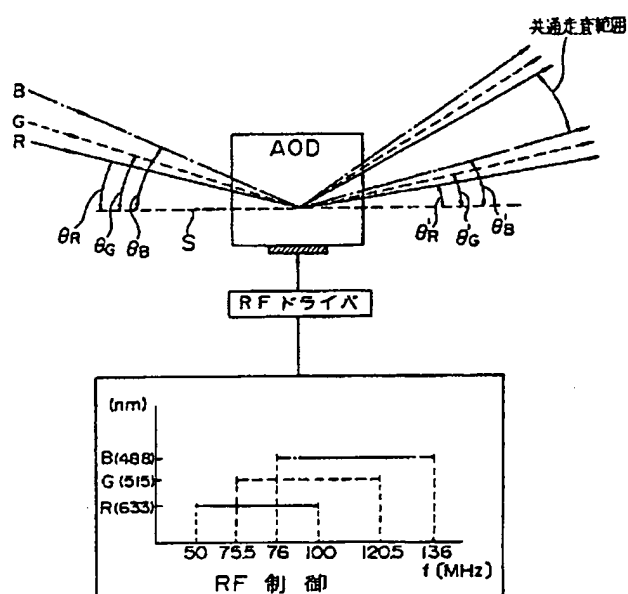
代理人 弁理士 須山 佐一



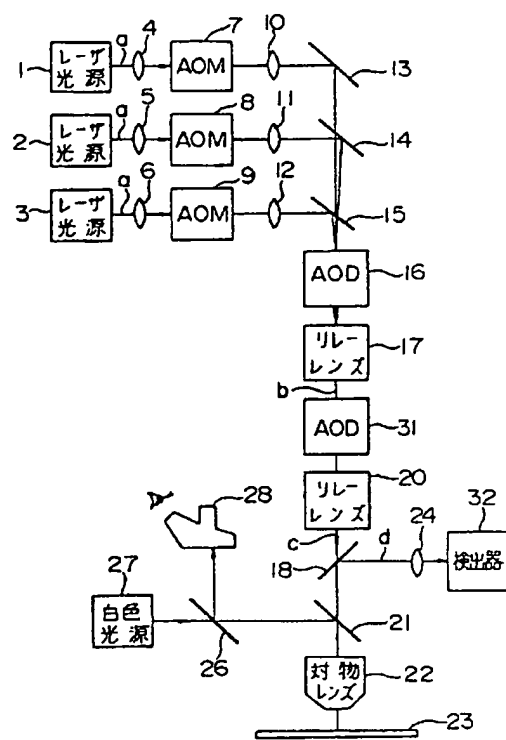
第1図



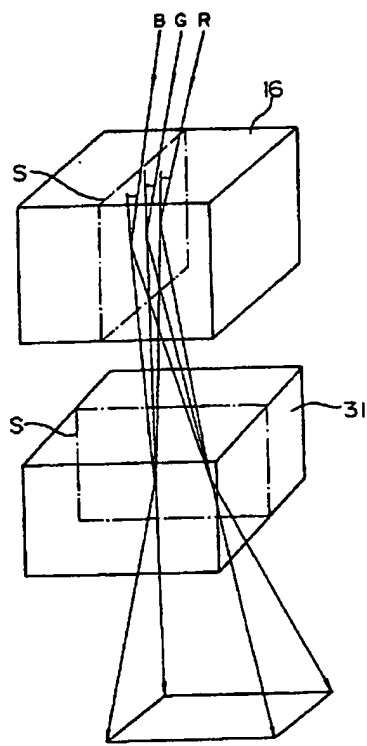
第2図



第3図



第4図



第5図

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成7年(1995)3月17日

【公開番号】特開平1-282515
 【公開日】平成1年(1989)11月14日
 【年通号数】公開特許公報1-2826
 【出願番号】特願昭63-112721
 【国際特許分類第6版】

G02B 21/00 7625-2K
 21/06 7625-2K
 26/10 B 8106-2K

手続補正(自発)

平成6年7月20日

特許庁長官 高島 章 殿

1. 事件の表示

特願昭63-112721号

2. 発明の名称

ビーム走査型光学顕微鏡

3. 補正をする者

事件との関係・特許出願人

東京エレクトロン株式会社

4. 代理人

〒101

東京都千代田区神田多町2丁目1番地

神田東山ビル 電話03(3254)1099

(7784)弁理士 須山 佐一

5. 補正の対象

明細書の特許請求の範囲および発明の詳細な説明の各欄

6. 補正の内容

(1) 明細書の特許請求の範囲を8紙の通り補正する。

(2) 明細書の発明の詳細な説明を以下の通り補正する。

① 明細書の第5頁第1行~第7頁第3行の「本発明の……ものである。」を、
 「本発明のビーム走査型光学顕微鏡は、複数色の光ビームを出力するビーム出力
 機構と、前記ビーム出力機構からの複数色の光ビームを、順次試料面に対して2
 次元的に走査しながら照射する光学系と、前記試料からのビーム反射光を取出し
 該反射光の光強度を検出する反射光検出手段と、前記反射光検出手段からの出力
 を、前記複数色の光ビーム毎に、各光ビームの走査タイミングに応じて読取り、
 これらの出力を合成して多色画像を得る画像処理機構とを有することを特徴とす
 るものである。」と補正する。

[別紙]

2. 特許請求の範囲

(1) 複数色の光ビームを出力するビーム出力機構と、

前記ビーム出力機構からの複数色の光ビームを、順次試料面に対して2次元
 に走査しながら照射する光学系と、

前記試料からのビーム反射光を取出し該反射光の光強度を検出する反射光検出
 手段と、

前記反射光検出手段からの出力を、前記複数色の光ビーム毎に、各光ビームの
 走査タイミングに応じて読取り、これらの出力を合成して多色画像を得る画像処
 理機構と

を有することを特徴とするビーム走査型光学顕微鏡。

(2) 前記光学系は、

前記ビーム出力機構からの複数色の光ビームに夫々対応して設けられ、該光ビ
 ームの強度を各色毎に制御する強度制御素子と、

この強度制御素子により強度制御された光ビームを同一光軸に対し夫々所定の
 角度で重ね合わせるビーム合成光学系と

を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のビーム走査型光学顕
 微鏡。

(3) 前記光学系は、音響光学偏向素子により前記光ビームを水平走査するよう
 構成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のビーム走査型光学顕
 微鏡。

(4) 前記光学系は、音響光学偏向素子により前記光ビームを垂直および水平走
 査するよう構成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のビーム走
 査型光学顕微鏡。